

4	مدة الإنجاز	علوم المهندس	المادة
8	المعامل	شعبة العلوم والتكنولوجيات مسلك العلوم والتكنولوجيات الكهربائية	الشعبة أو المسلك

TAPIS DE COURSE

☞ Le sujet comporte au total 20 pages.

☞ Le sujet comporte 3 types de documents :

▪ Le socle du sujet comportant les situations d'évaluation (SEV) (Couleur **Jaune**).

▪ Les documents ressources portant la mention **DRES XX** (Couleur **Rose**).

▪ Les documents réponses portant la mention **DREP XX** (Couleur **Blanche**).

Le sujet comporte 3 situations d'évaluation (SEV) :

- **SEV1** : Analyse fonctionnelle et étude de la transmission de puissance..... (sur 25 points)
- **SEV2** : Etude partielle de la chaîne énergétique..... (sur 28 points)
- **SEV3** : Etude partielle de la chaîne d'information (sur 27 points)

Les trois SEV sont indépendantes et peuvent être traitées dans un ordre quelconque après lecture de l'introduction, du fonctionnement et de la description, du système.

☞ Toutes les réponses doivent être rédigées sur les documents réponses : **DREP XX**.

☞ Les pages portant en haut la mention **DREP XX** (Couleur Blanche) doivent être obligatoirement jointes à la copie du candidat même si elles ne comportent aucune réponse.

☞ Le sujet est noté sur 80 points.

☞ *Aucun document n'est autorisé.*

☞ Sont autorisées les calculatrices non programmables.

I

INTRODUCTION

Le tapis de course est un système complet de fitness, il permet un entraînement à domicile ou en salle de sport en reproduisant les conditions de course à pied à l'extérieur.

Le tapis de course permet au coureur de s'entraîner sur une courroie mobile en fonction d'un programme d'entraînement choisi qui prend en considération les conditions de course : le rythme cardiaque, la vitesse de défilement et la pente d'inclinaison.

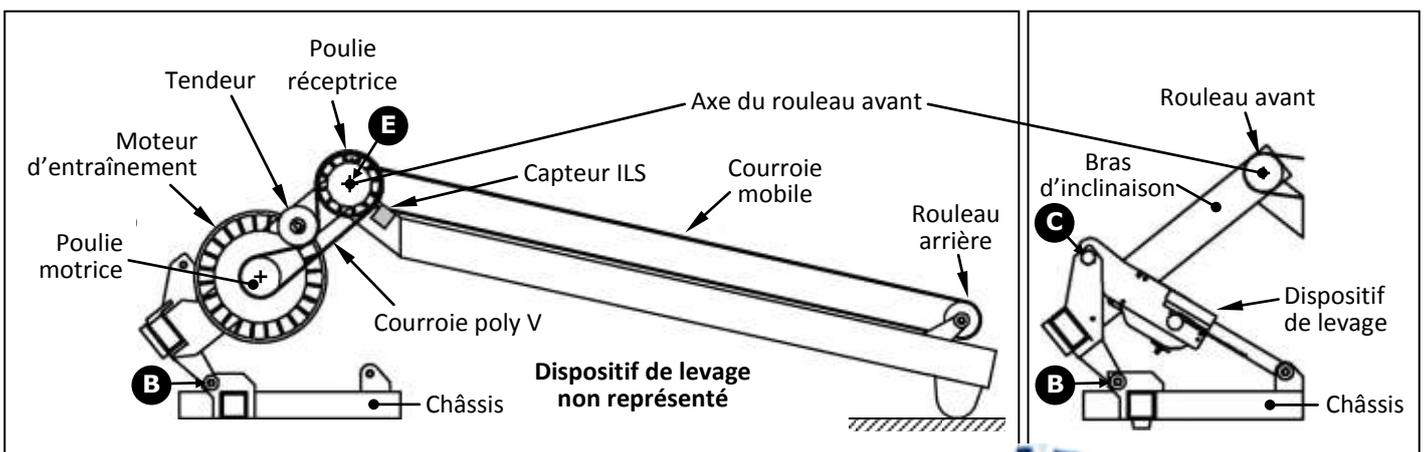


II

FONCTIONNEMENT

Le coureur s'entraîne sur la courroie mobile qui défile dans le sens inverse à sa course. La vitesse de course et la pente d'inclinaison sont réglables à l'aide de la console. Cette dernière renseigne le coureur en permanence sur son rythme cardiaque, et sur d'autres informations comme les calories dissipées, le temps de course écoulé, etc.

Un moteur d'entraînement, électrique à courant continu (voir figures ci-dessous), entraîne le système poulies-courroie constitué d'une poulie motrice, d'une courroie poly V et d'une poulie réceptrice solidaire au rouleau avant. La rotation du rouleau avant entraîne le défilement de la courroie mobile permettant la course à pied du coureur.



III

DESCRIPTION

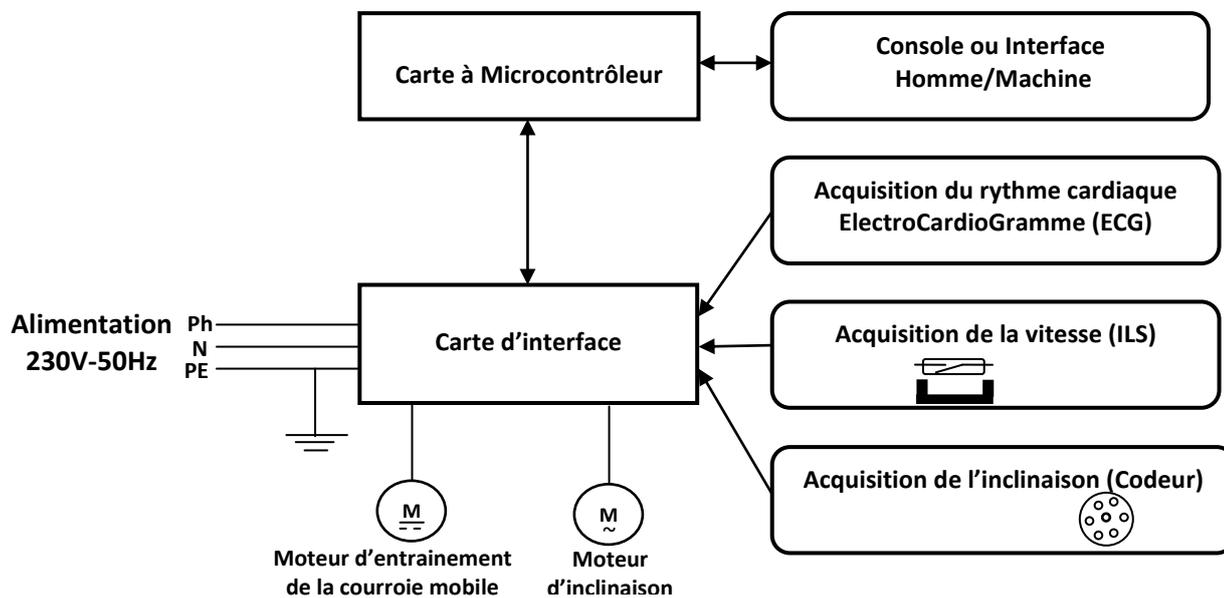
➤ De point de vue mécanique :

Le système comporte essentiellement trois sous-ensembles (voir document **DRES 01, Page 10**) :

- Le « **châssis** » : comprend la **base** sur laquelle est fixée la **console** par l'intermédiaire de deux **montants**.
- La « **plateforme de course** » : en appui sur le sol par l'intermédiaire de deux **pieds** à une extrémité, et articulée par rapport au **bras d'inclinaison** à l'autre extrémité.
- Le « **bras de d'inclinaison** » : comporte le dispositif d'entraînement de la courroie mobile ; il pivote par rapport au **châssis** par l'intermédiaire d'un dispositif de levage lorsque l'utilisateur souhaite incliner la **plateforme de course**.

➤ De point de vue électrique :

Le système est modélisé par le schéma synoptique suivant :



IV

SITUATIONS D'EVALUATION

SEV 1 : Analyse fonctionnelle et étude de la transmission de puissance /25 points

Afin de valider les performances du tapis de course (**DRES 01, Page 10**), il a été décidé de :

- déterminer quelques caractéristiques mécaniques du dispositif de levage ;
- vérifier si le moteur associé au dispositif de levage peut accomplir sa fonction en toute sécurité ;
- proposer une solution constructive.

Pour cela, on demande de réaliser les tâches suivantes :

Tâche 1 :

Avant d'entamer l'étude du tapis de course, il est indispensable de comprendre ses fonctionnalités, sa cinématique et son environnement. Pour cela, on demande de répondre aux questions suivantes :

Q1: Compléter le diagramme Bête à cornes relatif au tapis de course. 1,5 pt

Q2: Compléter le diagramme d'interactions relatif au tapis de course en se référant au tableau des fonctions de service. 2,5 pts

Q3: Compléter le schéma cinématique relatif à la fonction « Incliner la plateforme de course » en se référant au fonctionnement du système (**page 2**) et au document ressources **DRES 01**. 2,5 pts

Tâche 2 :

D'une part, la mise à l'épreuve du tapis de course dans les conditions extrêmes (coureur de 130 kg) ont permis de mesurer l'intensité de l'effort tangentiel maximal exercé par la crémaillère sur le pignon de sortie ; d'autre part, pour que la remontée de la plateforme de course depuis la position horizontale jusqu'à l'inclinaison maximale (pente de 14 % correspondant à une course L_C de la crémaillère) passe en douceur et sans affecter négativement le coureur, le temps nécessaire pour l'effectuer dans le cas d'une remontée en continu est de l'ordre de **30 secondes**. L'objectif de cette tâche est de vérifier si le moteur d'inclinaison est capable d'assurer le bon fonctionnement du système tout en respectant les contraintes précitées.

On donne :

Effort tangentiel Crémaillère $F_C = 2100 \text{ N}$; Temps de remontée de la plateforme de course $T_r = 30 \text{ s}$

Rendement réducteur $\eta_r = 0,8$; Course crémaillère $L_C = 102 \text{ mm}$

Nombre de dents du pignon de sortie $Z_S = 10$ dents ; Module $m = 1,5 \text{ mm}$

Remarque : Pour tous les calculs, prendre $\pi = 3,14$.

Q4: Compléter l'actigramme du système « Pignon-crémaillère ».

1 pt

Q5: Calculer la vitesse linéaire V_C de la crémaillère (en m/s).

1 pt

Q6: Calculer la vitesse angulaire ω_S du pignon de sortie (en rad/s)

1,5 pt

Q7: En déduire la vitesse de rotation N_S .

1 pt

Pour la suite des calculs, prendre $V_C = 0,0034 \text{ m/s}$ et $N_S = 4,35 \text{ tr/min}$

Q8: En se référant au schéma simplifié (page 14), calculer le rapport de réduction r du réducteur **R**.

1,25 pt

Q9: En déduire la vitesse de rotation N_m du moteur.

1,25 pt

Q10: Calculer la puissance P_S à la sortie du pignon de sortie.

1 pt

Q11: Calculer la puissance mécanique utile P_{mu} du moteur d'inclinaison pour supporter la charge du coureur.

1,25 pt

Tâche 3 :

L'objectif de cette tâche est de vérifier si le frein à disque à friction plane du moteur d'inclinaison est capable d'assurer la stabilité de la plateforme de course en conservant son inclinaison.

On donne :

Puissance mécanique moteur $P_{mu} = 9 \text{ W}$

Rayon extérieur $R = 24 \text{ mm}$

Vitesse de rotation moteur $N_m = 2750 \text{ tr/min}$

Rayon intérieur $r = 12 \text{ mm}$

Coefficient de frottement $f = 0,45$

Effort presseur $F_p = 10 \text{ N}$

Nombre de surfaces de contact $n = 1$

Q12: Calculer la vitesse angulaire ω_m du moteur d'inclinaison.

1 pt

Q13: Calculer le couple C_m développé par le moteur d'inclinaison.

1 pt

Q14: Calculer le couple de freinage C_f du moteur d'inclinaison.

1,5 pt

Q15: Comparer C_f avec C_m et conclure.

0,75 pt

Tâche 4 :

La liaison pivot entre la plateforme de course et le bras d'inclinaison, voir dessin d'entraînement du rouleau avant est assurée par une vis à tête hexagonale H M10×40 et un écrou hexagonal auto-freiné M10 (non représentés).

Q16: Compléter le dessin en assurant cette liaison pivot par les éléments normalisés indiqués sur (DRES 01, page 10).

5 pts

Remarque : l'écrou doit être représenté sans coupe.

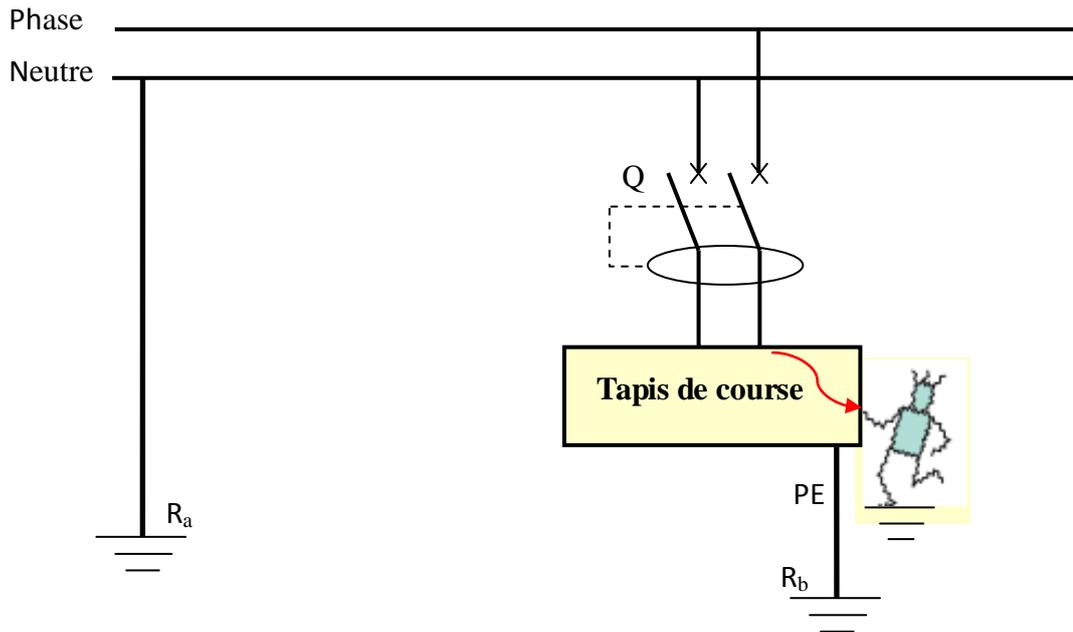
SEV 2 : Etude partielle de la chaîne énergétique

/28 points

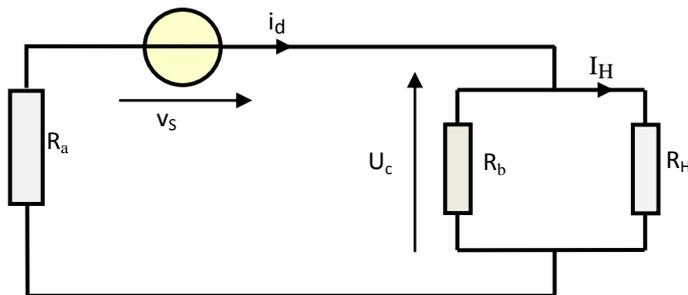
Tâche1 : Régime de neutre :

Le régime de neutre est imposé dans toute l'installation par le réseau de distribution basse tension.
Il s'agit d'un local sec (on rappelle que la tension limite U_L est égale à 50 V).

Schéma de liaison à la terre :



Lors d'un défaut d'isolement, le schéma équivalent est le suivant :



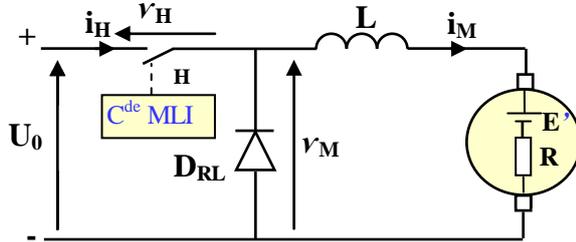
Données :

Tension du réseau $V_S = 230 \text{ V}$; $R_a = 18 \Omega$;
 $R_b = 20 \Omega$ et la résistance du corps humain
 $R_H = 1500 \Omega$.

- Q17:** Préciser le type de schéma du régime de neutre employé **TT**, **IT** ou **TN**. 1 pt
- Q18:** Donner la signification de chaque lettre pour le type du régime employé. 2 pts
- Q19:** Calculer la valeur de la tension de contact U_c et en déduire la valeur du courant I_H . 3 pts
- Q20:** Est-il nécessaire de mettre hors tension l'installation ? Justifier votre réponse en comparant les valeurs des tensions U_c et U_L . 1,5 pt
- Q21:** A partir du document (**DRES 02, page 11**) et pour le même local, déterminer la valeur du temps maximal t_c de coupure autorisé pour cette tension de contact U_c . 1,5 pt

Tâche2 : Variation de vitesse du moteur d'entraînement de la courroie mobile du tapis :

Cette variation de vitesse est assurée par un **hacheur série** dont la commande est réalisée par la carte à microcontrôleur suivant la technique **MLI**. Son schéma du principe est le suivant :



Données :

Tension continue : $U_0 = 300 \text{ V}$.
Résistance d'induit : $R = 1,1 \Omega$.
F.c.é.m : $E' = 109 \text{ V}$.
 i_M est le courant dans l'induit du moteur et sa valeur moyenne I_M est de l'ordre de 18 A .

Le courant $i_M(t)$ est périodique de période T et l'**inductance de lissage** L est suffisamment grande pour considérer la **conduction continue** (Les composants H et D_{RL} sont supposés parfaits.

Le hacheur H fonctionne comme suit :

$0 \leq t \leq \alpha T$: H est fermé , α est le rapport cyclique avec $\alpha = t_{on}/T$ et $0 \leq \alpha \leq 1$;
 $\alpha T \leq t \leq T$: H est ouvert.

Q22: De quel type conversion s'agit-il ?

1 pt

Q23: Quel est le rôle de la diode de roue libre D_{RL} ?

1 pt

Q24: Compléter les chronogrammes des tensions $v_M(t)$ et $v_H(t)$.

3 pts

Q25: Exprimer la valeur moyenne V_M de la tension $v_M(t)$ en fonction de U_0 et du rapport cyclique α .

1,5 pt

Q26: On suppose que le courant $i_M(t)$ soit constant et est égale à I_M , montrer que la valeur moyenne V_M est donnée par l'expression $V_M = E' + R \cdot I_M$.

2 pts

Q27: Quelle est la valeur du rapport cyclique α ?

1,5 pt

Tâche3 : Etude du moteur d'inclinaison :

Le moteur associé au réducteur d'inclinaison est un **moteur asynchrone monophasé**, il possède **2 pôles**, alimenté sous une tension $V_s = 230 \text{ V} - 50 \text{ Hz}$.

Les normes en vigueur exigent un surdimensionnement du moteur pour garantir la longévité de ses performances.

Q28: Calculer la vitesse de synchronisme N_s en tr/mn du moteur.

1,5 pt

Q29: Donner alors la valeur du glissement g en %, sachant que la vitesse de rotation du moteur est $N = 2750 \text{ tr/min}$.

1,5 pt

Q30: Calculer la valeur de la puissance utile P_u sachant que le couple utile $C_u = 0,312 \text{ Nm}$.

2 pts

Q31: En utilisant le document constructeur (**DRES 02, Page 11**), préciser le **type** (la référence) du moteur qui convient.

2 pts

Q32: A partir de cette référence, calculer la valeur :

a. de la puissance absorbée P_a par le moteur ;

1 pt

b. du courant de démarrage I_D sous la tension $V_s = 230 \text{ V}$.

1 pt

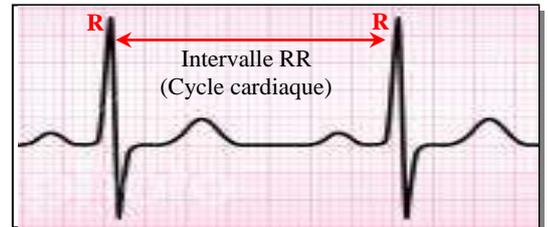
SEV 3: Etude partielle de la chaîne d'information

/27 points

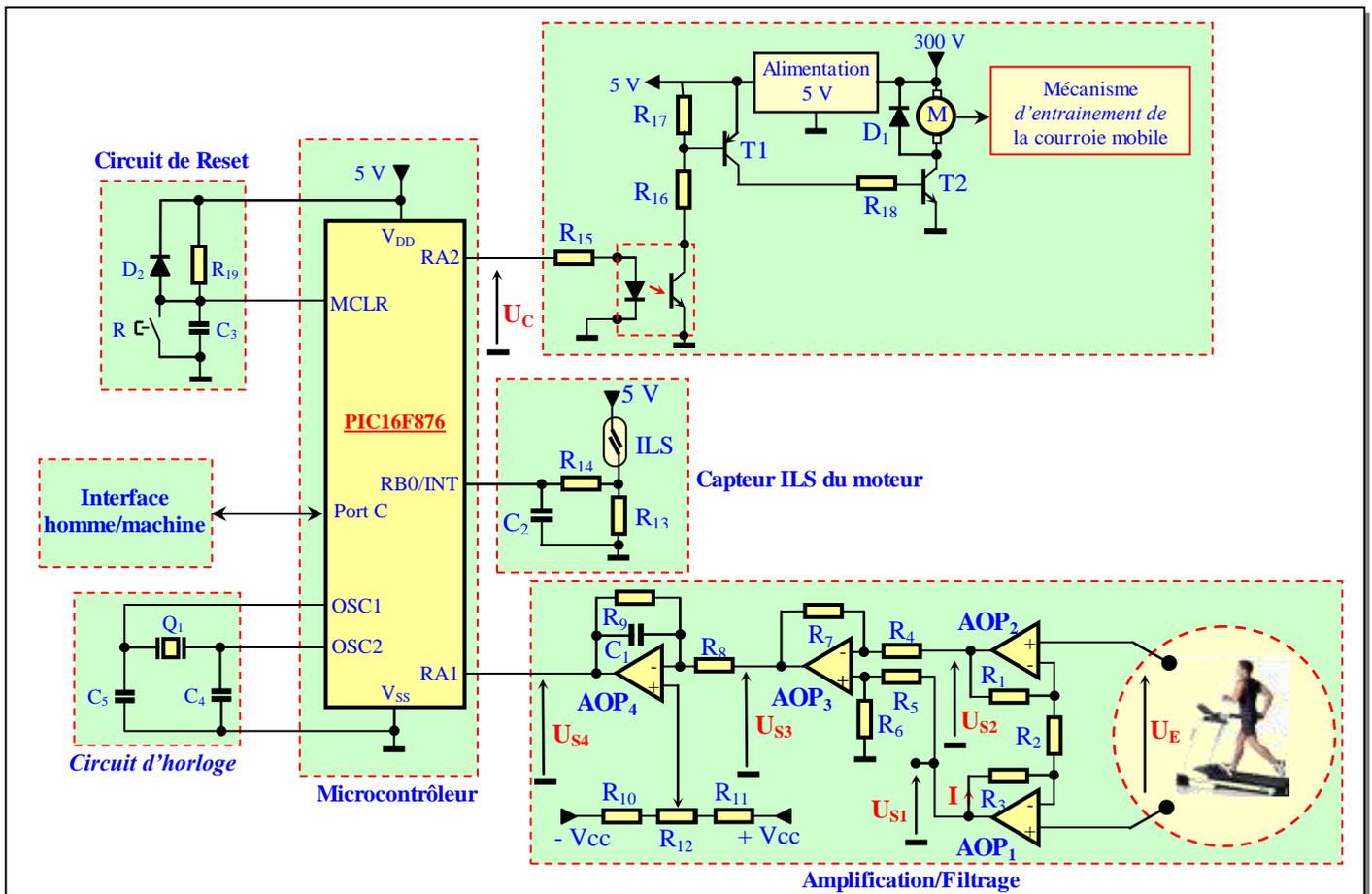
Tâche 1 : Acquisition du rythme cardiaque

D'une façon simplifiée, lors de chaque contraction du muscle cardiaque, le sang est éjecté dans l'ensemble du corps humain pour apporter l'oxygène et les nutriments nécessaires. En se contractant, tout muscle génère à sa surface une tension électrique. L'électrocardiogramme (ECG) est donc le signal correspondant à la mesure, à la surface de la peau, du potentiel électrique généré par l'activité électrique du cœur. Sa lecture par un expert permet une évaluation précise des performances du cœur. Electriquement, l'ECG est caractérisé principalement par :

- Une amplitude maximale typique de 1 mV.
- Une bande passante de 0.05 à 100 Hz.
- L'intervalle RR correspond donc au cycle cardiaque ; le pic R correspond au moment d'évacuation du sang à l'ensemble du corps.



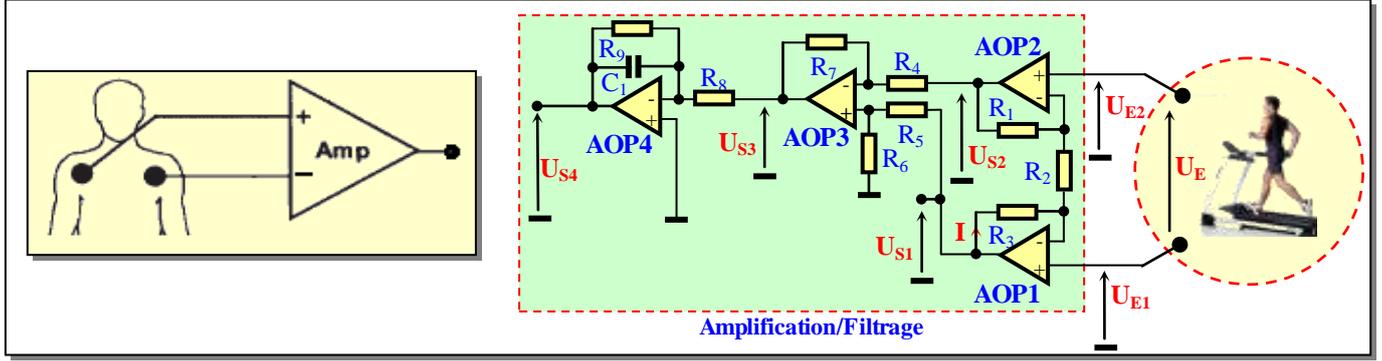
Pour être traité par un microcontrôleur (μC), l'ECG doit être amplifié, filtré, mis à niveau et subir une conversion analogique/numérique. La structure d'une telle chaîne d'acquisition est donnée à la figure suivante.



Comme il s'agit d'amplifier une différence de potentiels flottants et de faible amplitude, alors le choix de l'étage d'amplification est évidemment porté sur un « amplificateur d'instrumentation ». L'amplification globale répartie sur les 2 étages à base d'AOP1 à AOP4 est typiquement de 1000. L'ensemble AOP1 à AOP3 constitue un amplificateur d'instrumentation, alors que le montage à base d'AOP4 est un filtre actif. L'ensemble des résistances de R_{10} à R_{12} permet d'ajuster la tension d'offset afin de rendre le signal U_{S4} unipolaire et adapté au convertisseur analogique/numérique du μC . Dans la suite de l'étude et pour des raisons de simplicité on suppose que :

- L'offset est réglée à 0 V.
- On prend $R_1 = R_3 = R_4 = R_5 = R_6 = R_7 = R_8 = R = 10 \text{ k}\Omega$.
- Les amplificateurs opérationnels AOP1 à AOP4 sont parfaits.

Par conséquent, on considère le montage suivant :



Q33: Montrer que :

$$U_{S3} = U_{S1} - U_{S2} \quad \boxed{2 \text{ pts}}$$

Q34:

- Exprimer le courant I en fonction de U_{S1} , U_{S2} , R_1 , R_2 et R_3 . $\boxed{1 \text{ pt}}$
- Exprimer le courant I en fonction de U_{E1} , U_{E2} , et R_2 . $\boxed{1 \text{ pt}}$
- En déduire que :

$$U_{S1} - U_{S2} = (U_{E1} - U_{E2}) \left(1 + \frac{2R}{R_2}\right) = (U_E) \left(1 + \frac{2R}{R_2}\right) \quad \boxed{1,5 \text{ pt}}$$

Q35: Mettre l'expression de U_{S3} sous la forme :

$$U_{S3} = A_0 \cdot U_E \quad \boxed{1,5 \text{ pts}}$$

Donner l'expression de A_0 .

Q36: Montrer que :

$$\underline{U_{S4}} = -\underline{U_{S3}} \left(A_1 \frac{1}{1 + j \frac{f}{f_0}} \right)$$

Donner l'expression de :

- A_1 en fonction de R_8 et R_9 .
- f_0 en fonction de R_9 , C_1 .

$\boxed{3 \text{ pts}}$

Q37: Donner l'expression finale de $\underline{U_{S4}} = f(U_E)$. $\boxed{1 \text{ pt}}$

Q38: En déduire l'expression de la fonction de transfert :

$$\underline{A_V} = \frac{\underline{U_{S4}}}{\underline{U_E}} \quad \boxed{1 \text{ pt}}$$

Q39: Calculer les valeurs des résistances R_2 et R_9 et du condensateur C_1 de cet étage d'amplification/filtrage de telle sorte que :

- $A_0 = 10$.
- $A_1 = 100$.
- $f_0 = 100 \text{ Hz}$.

$\boxed{3 \text{ pts}}$

Q40: Donner l'allure asymptotique du gain :

$$G = 20 \log |A_V| \quad \boxed{2 \text{ pts}}$$

Q41: Dans quel mode doit être configurée l'entrée RA1 du μC ? $\boxed{1 \text{ pt}}$

Tâche 2 : Traitement de la vitesse de la courroie mobile et du rythme cardiaque

Dans cette étude logicielle, on s'intéresse à la mesure de la vitesse de la courroie mobile du tapis et au rythme cardiaque de l'utilisateur. Vu l'aspect temps réel de ces mesures, alors elles sont traitées par interruption. Cette interruption est générée :

- Chaque fois que le Timer 0 associé au Prescaler (Pré-diviseur) atteint $65536 \mu s$.
- Chaque fois que l'entrée RB0/INT reçoit un front montant du circuit associé au capteur ILS.

Dans ce programme d'interruption :

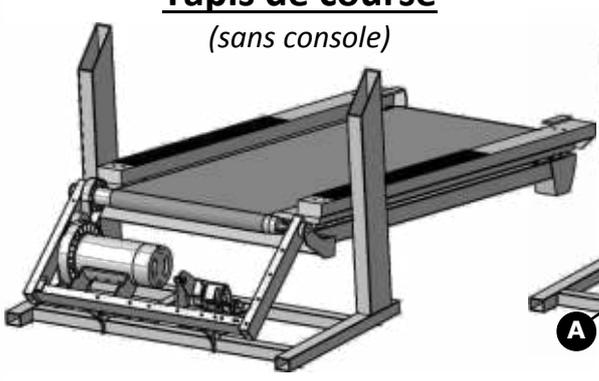
- Une variable **Count_ILS** s'incrémente à chaque tour du rouleau-avant qui entraîne la courroie mobile.
- Une variable **Count_65536** initialisée à une valeur égale à **16** se décrémente à chaque fois que le Timer 0 associé au Prescaler atteint la valeur **65536**. Il en résulte alors, à une bonne approximation près, qu'à chaque **seconde** la variable **Count_65536** passe à **0**.
- Un sous-programme **Calcul_Vitesse_Tapis** détermine la vitesse de la courroie mobile du tapis à partir de la variable **Count_ILS** et stocke le résultat dans le registre W ; le résultat est ensuite stocké dans une variable **Vitesse_Tapis**.
- On suppose qu'en permanence une variable nommée **Count_RC** contient la valeur du rythme cardiaque prélevée pour **15 secondes** grâce à une variable **Count_15s**. Pour mesurer le rythme cardiaque en battements par minute (**bpm**), on interpole la valeur de **Count_RC** sur **60 s (1 minute)** ; ceci est obtenu en multipliant **Count_RC** par **4**, ce qui revient à un double décalage à gauche ; le résultat est stocké dans une variable nommée **Rythme_Cardiaque_bpm**.

Q42: En utilisant le document (**DRES 03, page 12**), compléter alors le programme Assembleur.

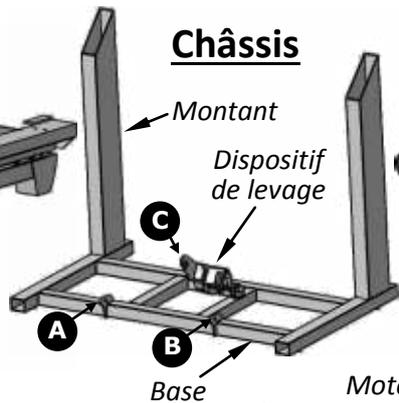
9 pts

DRES 01

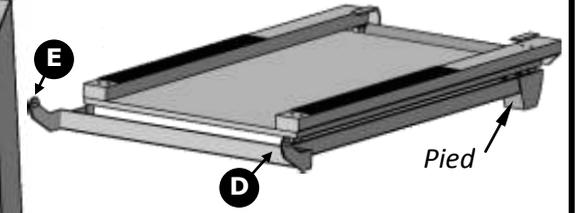
Tapis de course
(sans console)



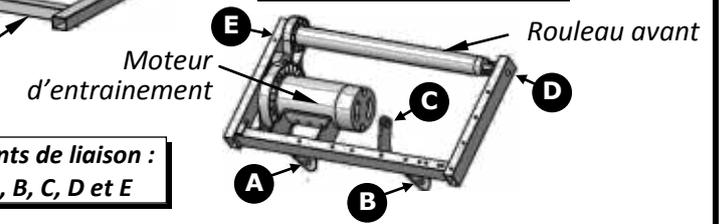
Châssis



Plateforme de course

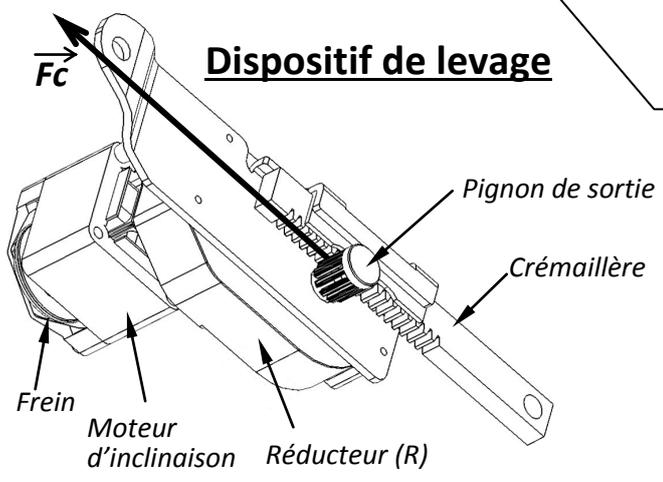


Bras d'inclinaison

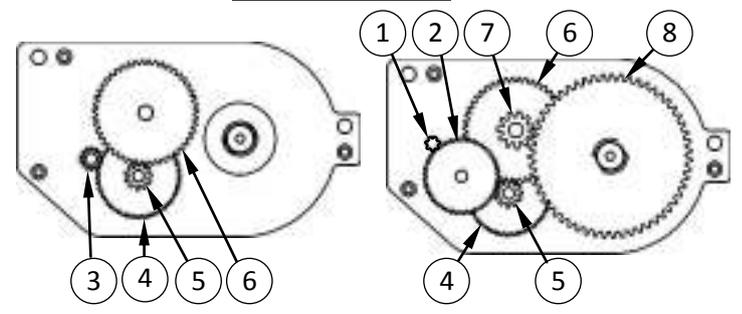


Points de liaison :
A, B, C, D et E

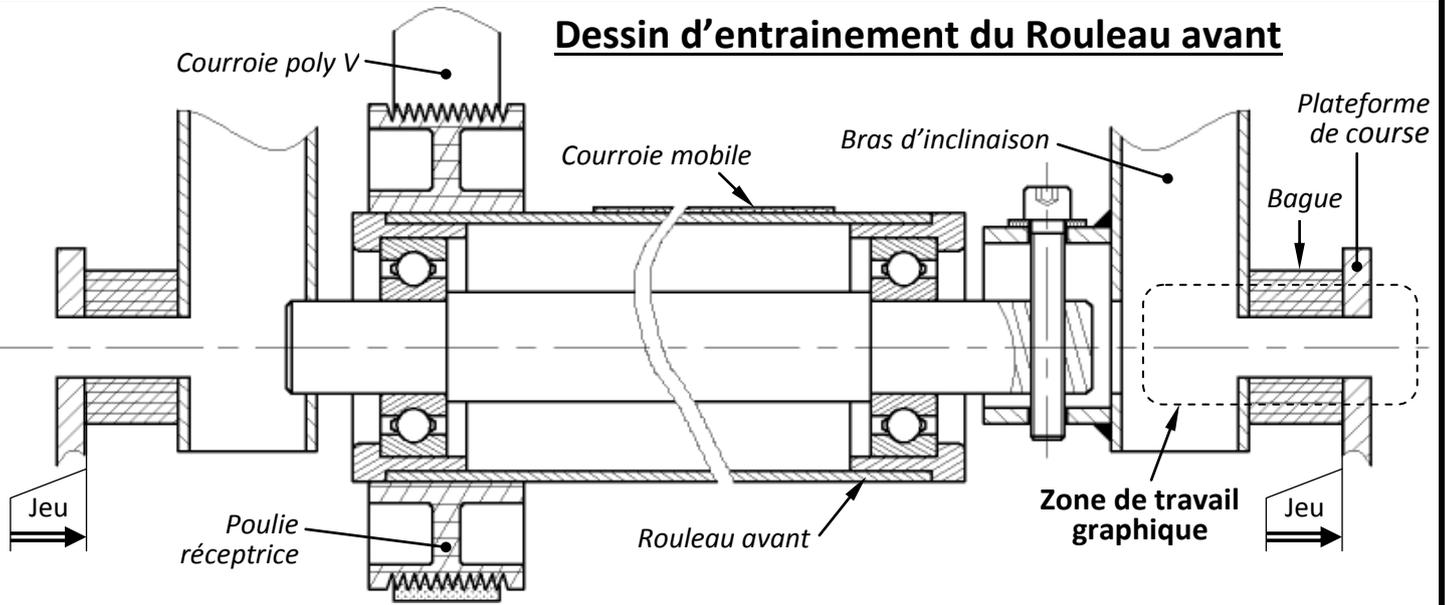
Dispositif de levage



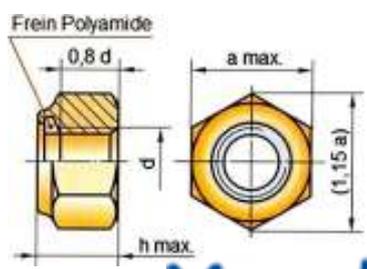
Réducteur R



Dessin d'entrainement du Rouleau avant

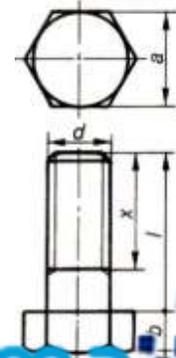


Ecrou hexagonal auto-freiné



d	M8	M10	M12	M16
Pas	1,25	1,5	1,75	2
a	13	16	18	24
h	10,8	12,4	14,2	18,8

Vis à tête hexagonale



d	M8	M10	M12	M16
Pas	1,25	1,5	1,75	2
a	13	16	18	24
b	5,3	6,4	7,5	10
	30/30	35/35	40/40	50/50
	35/22	40/26	45/30	55/38
	40/22	45/26	50/30	60/38
	45/18	50/26	55/30	65/38

Temps de coupure t_c maximal autorisé par la norme NFC15-100

DRES 02

Tension de contact présumée (Volt)	Temps de coupure maximal du dispositif de protection (seconde)	
	Courant alternatif	Courant continu
25	5	5
50	0,48	5
75	0,30	2
90	0,25	0,80
110	0,18	0,50
150	0,12	0,25
230	0,05	0,06
280	0,02	0,02

Durée maximal de maintien de la tension de contact présumée dans des conditions normales ($U_L=25\text{ V}$)

Tension de contact Présumée (Volt)	Temps de coupure maximal du dispositif de protection (seconde)	
	Courant alternatif	Courant continu
<50	5	5
50	5	5
75	0,60	5
90	0,45	5
120	0,34	5
150	0,27	1
220	0,17	0,40
280	0,12	0,30
350	0,08	0,20
500	0,04	0,10

Durée maximal de maintien de la tension de contact présumée dans des conditions normales ($U_L=50\text{ V}$)

Document constructeur

2 pôles 3000 min⁻¹

A condensateur permanent (P)		IP 55 - 50 Hz - Classe F - 230 V					
Type	Puissance nominale à 50 Hz P_N kW	Vitesse nominale N_N min ⁻¹	Intensité nominale I_N (230 V) A	Facteur de puissance Cos ϕ 100 %	Rendement η 100 %	Courant démarrage / Courant nominal I_D / I_N	Masse IM B3 kg
LS 56 P	0,09	2790	0,9	0,85	50	3,4	3,5
LS 63 P	0,12	2820	1	0,90	57	4	4
LS 63 P'	0,12	2820	1	0,90	57	4	4
LS 63 P	0,18	2820	1,4	0,90	62	4,5	4,5
LS 63 P'	0,18	2820	1,4	0,90	62	4,5	4,5
LS 71 P	0,25	2780	1,95	0,90	61	3,5	5,5
LS 71 P	0,37	2850	2,7	0,85	70	4,7	7
LS 71 P	0,55	2770	3,5	0,95	72	4,5	7,5
LS 80 P	0,75	2780	4,85	0,95	70	4,2	9
LS 80 P	1,1	2760	6,6	0,98	73	4,1	11
LS 90 P	1,1	2700	7,5	0,90	73	4,3	14
LS 90 P	1,5	2780	9,1	0,95	76	4,8	16,5

1. Moteur à pattes ou bride (ou pattes et bride) avec bout d'arbre différent de la norme (D : 14 j6 - E : 30 mm).

4 pôles 1500 min⁻¹

A condensateur permanent (P)		IP 55 - 50 Hz - Classe F - 230 V					
Type	Puissance nominale à 50 Hz P_N kW	Vitesse nominale N_N min ⁻¹	Intensité nominale I_N (230 V) A	Facteur de puissance Cos ϕ 100 %	Rendement η 100 %	Courant démarrage / Courant nominal I_D / I_N	Masse IM B3 kg
LS 56 P	0,06	1420	0,72	0,90	39	2,7	3,5
LS 63 P	0,09	1380	0,75	0,95	55	2,4	4
LS 63 P	0,12	1410	1	0,95	50	2,8	4,5
LS 63 P'	0,12	1410	1	0,95	50	2,8	4,5
LS 71 P	0,18	1430	1,8	0,75	57	3,9	6
LS 71 P	0,25	1430	2,1	0,80	63	4,3	6,5
LS 71 P	0,37	1410	2,8	0,85	66	4	7,5
LS 80 P	0,55	1370	4,2	0,85	67	3,6	8,5
LS 90 P	0,75	1370	5,4	0,85	69	3,9	10,5
LS 90 P	1,1	1420	7	0,95	71	5	16

1. Moteur à pattes ou bride (ou pattes et bride) avec bout d'arbre différent de la norme (D : 14 j6 - E : 30 mm).

6 pôles 1000 min⁻¹

A condensateur permanent (P)		IP 55 - 50 Hz - Classe F - 230 V					
Type	Puissance nominale à 50 Hz P_N kW	Vitesse nominale N_N min ⁻¹	Intensité nominale I_N (230 V) A	Facteur de puissance Cos ϕ 100 %	Rendement η 100 %	Courant démarrage / Courant nominal I_D / I_N	Masse IM B3 kg
LS 71 P	0,12	930	1,15	0,95	48		7
LS 90 P	0,37	920	3	0,98	53		10

Résumé des instructions PIC 16F876

INSTRUCTIONS OPERANT SUR REGISTRE (direct)			indicateurs	Cycles
ADDWF	F,d	$W+F \rightarrow \{W,F ? d\}$	C,DC,Z	1
ANDWF	F,d	$W \text{ and } F \rightarrow \{W,F ? d\}$	Z	1
CLRF	F	Clear F	Z	1
CLRWF		Clear W	Z	1
CLRWD		Clear Watchdog timer	TO', PD'	1
COMF	F,d	Complément F $\rightarrow \{W,F ? d\}$	Z	1
DECF	F,d	décrémente F $\rightarrow \{W,F ? d\}$	Z	1
DECFSZ	F,d	décrémente F $\rightarrow \{W,F ? d\}$ skip if 0		1(2)
INCF	F,d	incrémte F $\rightarrow \{W,F ? d\}$	Z	1
INCFSZ	F,d	incrémte F $\rightarrow \{W,F ? d\}$ skip if 0		1(2)
IORWF	F,d	$W \text{ or } F \rightarrow \{W,F ? d\}$	Z	1
MOVF	F,d	$F \rightarrow \{W,F ? d\}$	Z	1
MOVWF	F	$W \rightarrow F$		1
RLF	F,d	rotation à gauche de F a travers C $\rightarrow \{W,F ? d\}$	C	1
RRF	F,d	rotation à droite de F a travers C $\rightarrow \{W,F ? d\}$		1
SUBWF	F,d	$F - W \rightarrow \{W,F ? d\}$	C,DC,Z	1
SWAPF	F,d	permutte les 2 quartets de F $\rightarrow \{W,F ? d\}$		1
XORWF	F,d	$W \text{ xor } F \rightarrow \{W,F ? d\}$	Z	1

INSTRUCTIONS OPERANT SUR BIT			
BCF	F,b	RAZ du bit b du registre F	1
BSF	F,b	RAU du bit b du registre F	1
BTFSC	F,b	teste le bit b de F, si 0 saute une instruction	1(2)
BTFSS	F,b	teste le bit b de F, si 1 saute une instruction	1(2)

INSTRUCTIONS OPERANT SUR DONNEE (Immediat)			
ADDLW	K	$W + K \rightarrow W$	C,DC,Z
ANDLW	K	$W \text{ and } K \rightarrow W$	Z
IORLW	K	$W \text{ or } K \rightarrow W$	Z
MOVLW	K	$K \rightarrow W$	
SUBLW	K	$K - W \rightarrow W$	C,DC,Z
XORLW	K	$W \text{ xor } K \rightarrow W$	Z

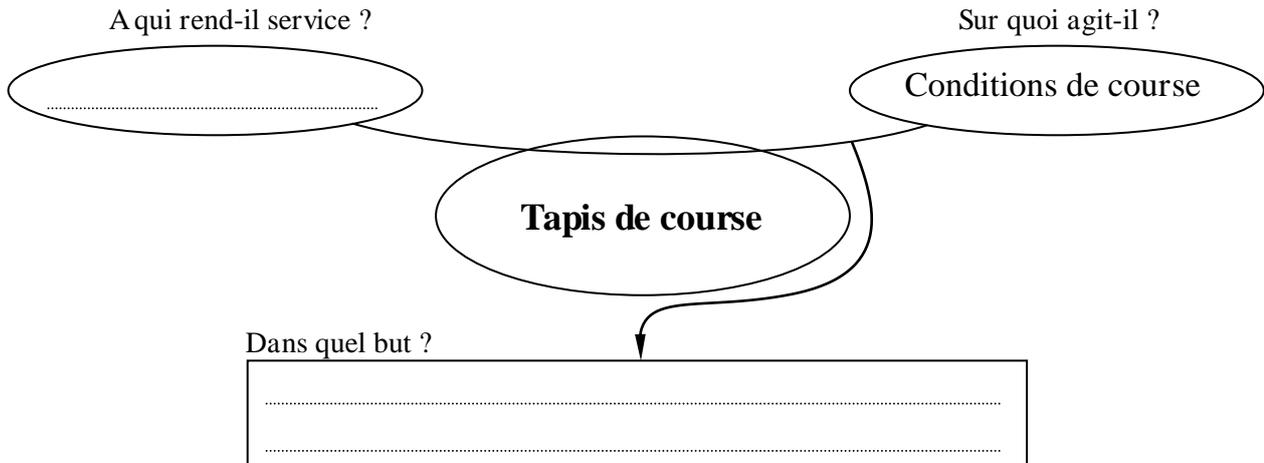
INSTRUCTIONS GENERALES			
CALL	L	Branchement à un sous programme de label L	2
GOTO	L	branchement à la ligne de label L	2
NOP		No operation	1
RETURN		retourne d'un sous programme	2
RETFIE		Retour d'interruption	2
RETLW	K	retourne d'un sous programme avec K dans W	2
SLEEP		se met en mode standby	TO', PD'

Registres :

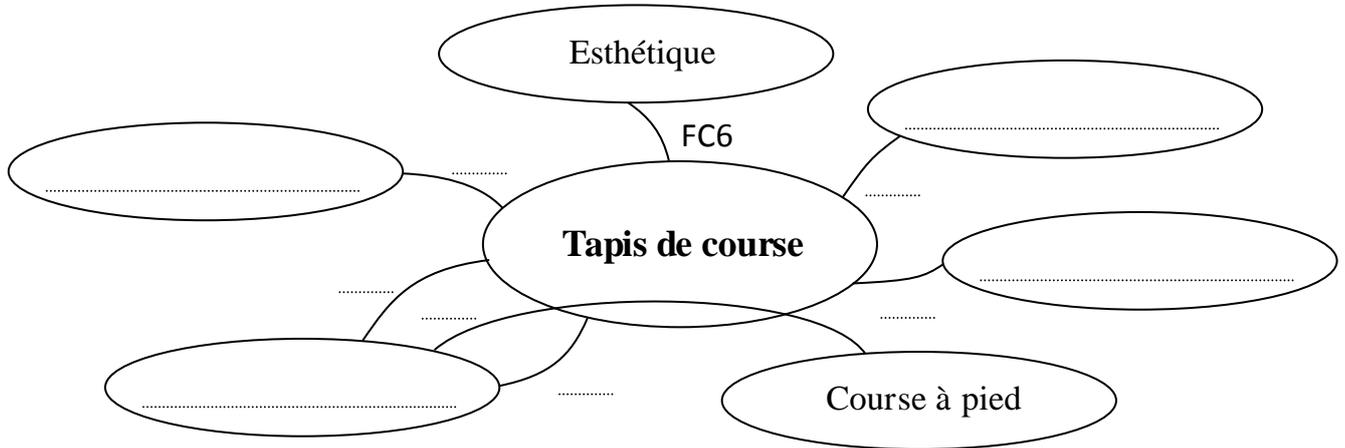
STATUS	IRP	RP1	RP0	TO	PD	Z	DC	C
OPTION_REG	RBP	INTEDG	TOCS	TOSE	PSA	PS2	PS1	PS0
INTCON	GIE	EEIE	T0IF	INTE	RBIE	T0IF	INTF	RBIF
EECON1	-	-	-	EEIF	WRERR	WREN	WR	RD

DREP 01

Q1: Diagramme Bête à cornes relatif au tapis de course :



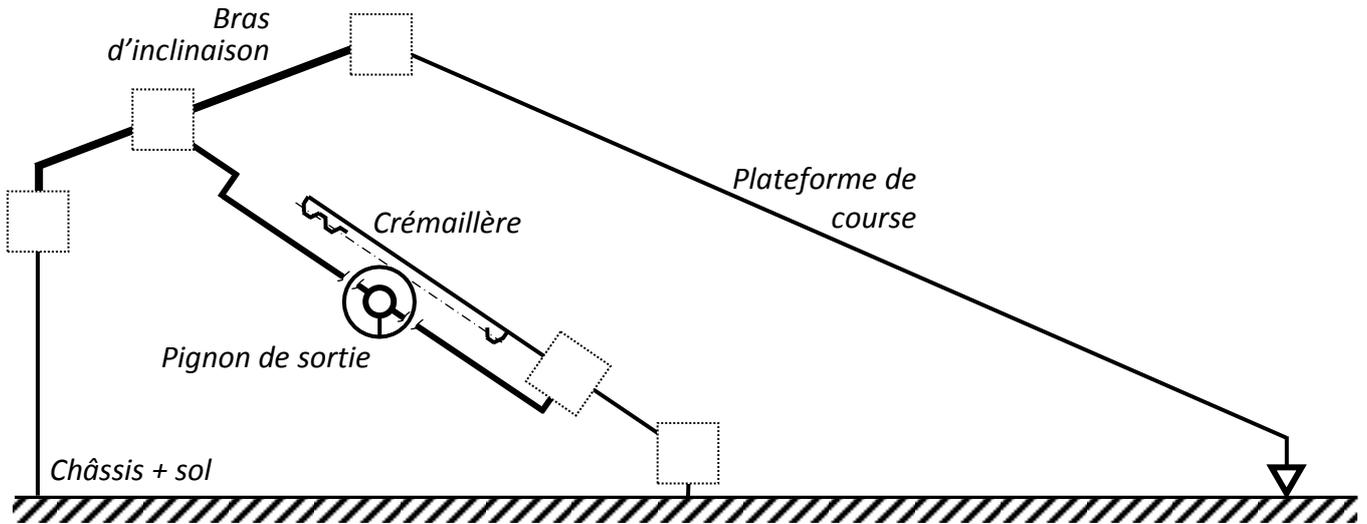
Q2: Diagramme d'interactions relatif au tapis de course :



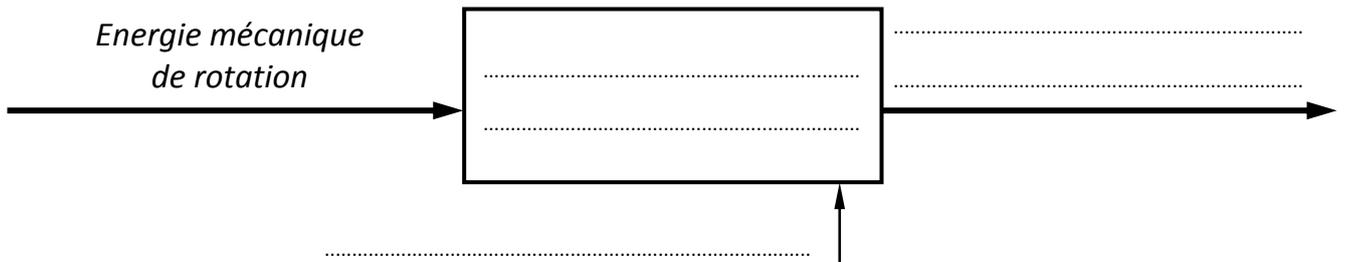
Repère	Désignation
FP	Reproduire les conditions de course à pied
FC1	Assurer le confort du coureur
FC2	Etre programmable par le coureur selon ses capacités physiques
FC3	<i>S'adapter à un local limité</i>
FC4	Etre alimenté en énergie électrique
FC5	Respecter les normes et réglementation en vigueur (<i>sécurités électrique et mécanique, ...</i>)
FC6	Avoir un bon design

DREP 02

Q3: Schéma cinématique minimal relatif à la fonction « Incliner la plateforme de course » :



Q4: Actigramme à compléter :



Q5: Vitesse linéaire V_C de la crémaillère :

.....

Q6: Vitesse angulaire ω_s du pignon de sortie :

.....

Q7: Vitesse de rotation N_s du pignon de sortie :

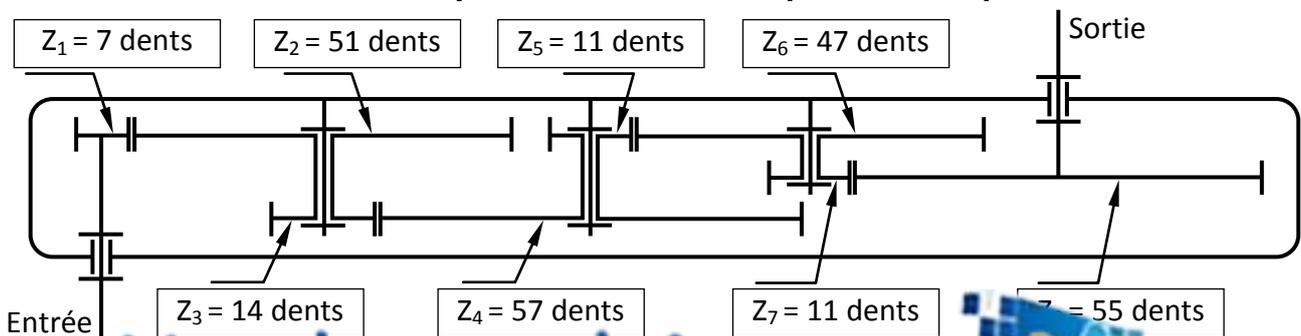
.....

Q8: Rapport de réduction r du réducteur R :

.....

.....

Schéma simplifié du réducteur R (voir DRES01)



DREP 03

Q9: Vitesse de rotation N_m du moteur :

.....

Q10: Puissance P_s à la sortie du pignon de sortie :

.....

Q11: Puissance mécanique P_{mu} utile au moteur d'inclinaison pour supporter la charge du coureur :

.....

Q12: Vitesse angulaire ω_m du moteur d'inclinaison :

.....

Q13: Couple C_m développé par le moteur d'inclinaison :

.....

Q14: Couple de freinage C_f du moteur d'inclinaison :

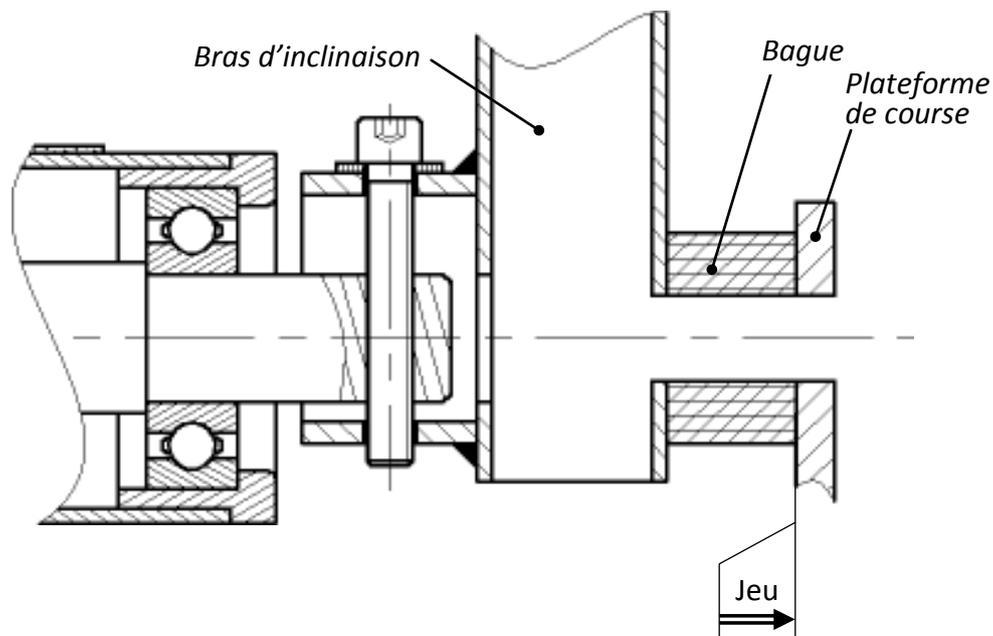
.....

.....

Q15: Comparaison de C_f avec C_m et conclusion :

.....

Q16: Dessin à compléter :



Q17: Type de schéma du régime du neutre employé TT, IT ou TN :

.....

Q18: Signification de chaque lettre pour le type du régime employé :

.....

.....

Q19: Valeurs de la tension de contact U_c et du courant I_H :

.....

.....

.....

Q20: Est-il nécessaire de mettre hors tension l'installation ? Justifier votre réponse en comparant les valeurs des tensions U_c et U_L .

.....

.....

Q21: Valeur du temps maximal t_c de coupure autorisé :

.....

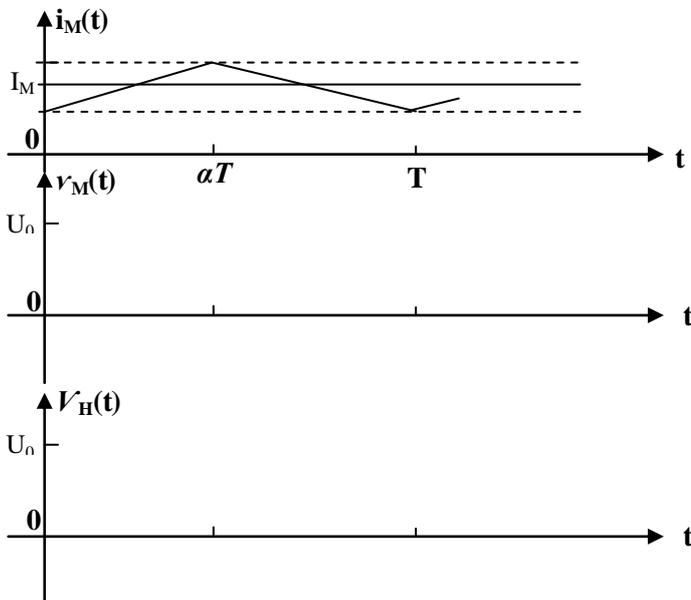
Q22: Type conversion :

.....

Q23: Rôle de la diode de roue libre D_{RL} :

.....

Q24: Chronogrammes des tensions $v_M(t)$ et $v_H(t)$:



DREP 05

Q25: Valeur moyenne V_M :

.....
.....

Q26: On montre que l'expression de $V_M = E' + R \cdot I_M$:

.....
.....
.....

Q27: Valeur du rapport cyclique α :

.....

Q28: Vitesse de synchronisme N_s en tr/mn du moteur :

.....

Q29: Valeur du glissement g en % :

.....
.....

Q30: Puissance utile P_u :

.....
.....

Q31: Type (la référence) du moteur :

.....

Q32: Calcul de la valeur :

a. de la puissance absorbée P_a par le moteur ;

.....
.....

b. du courant de démarrage I_D sous la tension $V_s = 230$ V.

.....
.....

DREP 06

Q33:

.....
.....
.....
.....

Q34:

a.

.....

b.

.....

c.

.....
.....
.....
.....

Q35:

.....
.....

Q36:

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Q37:

.....
.....
.....

Q38:

.....
.....
.....

DREP 07

Q39:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

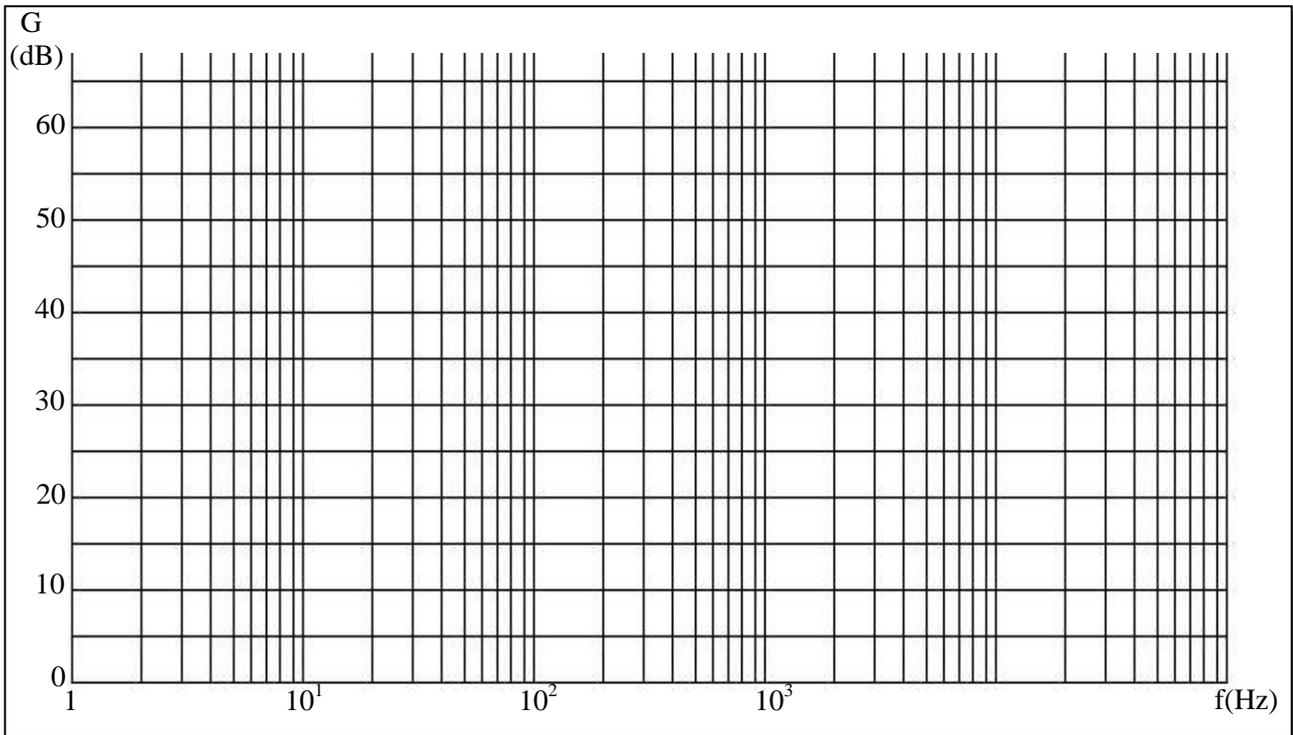
Q40:

.....

.....

.....

.....



Q41:

.....

.....

DREP 08

Q42:

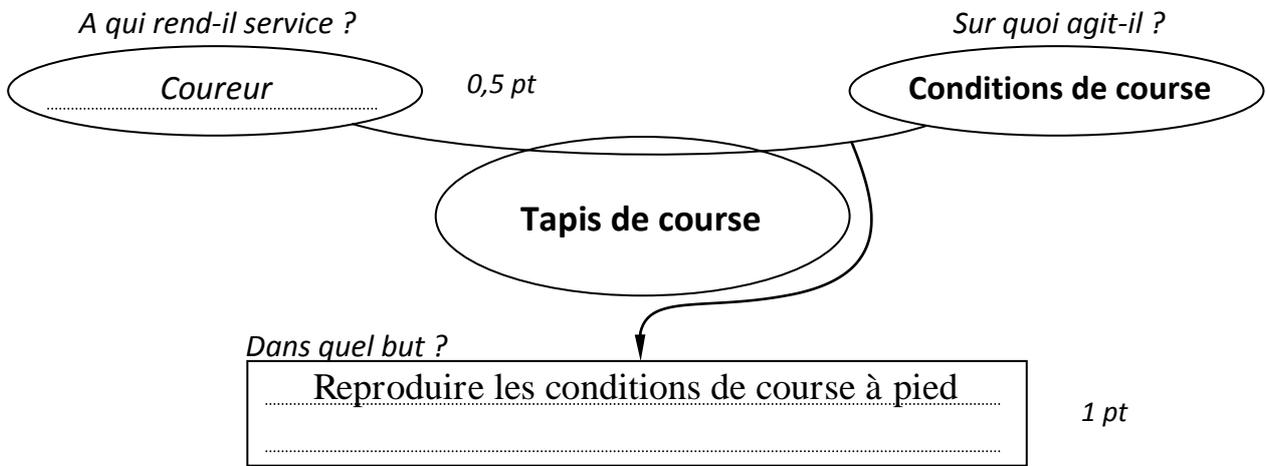
Label	Code machine	Opérande	Commentaire
;-----Sous-Programme d'interruption TMR0, RBO/INT			
	ORG	0x004	; adresse d'interruption
;-----sauvegarder les registres-----			
	BCF	INTCON, GIE	
	MOVWF	SAVE_W	; sauver registre W
	SWAPF	STATUS, W	; swap status avec résultat dans w
	MOVWF	SAVE_STATUS	; sauver status swappé
;-----Traitement de l'interruption de RB0/INT (ILS)---			
	BTFSS	INTCON, INTF	; Test si interruption RB0/INT ?
	GOTO	Test_INT_Timer_0	
	BCF	INTCON, INTF	; Effacer flag d'interruption INTF
	INCF	Count_ILS, F	
;-----Traitement de l'interruption de TMR0 (Vitesse Moteur et rythme cardiaque)---			
Test_INT_Timer_0			
	BTFSS	INTCON, T0IF	; Test si interruption Timer 0 ?
	GOTO	RestoreStatus	
	BCF	INTCON, T0IF	; Effacer flag interruption T0IF
; Mesure de la vitesse du tapis			
	DECFSZ	Count_65536	; Test d'écoulement d'une seconde ?
	GOTO	.....
	MOVF	Count_ILS, W	
	CALL	.....
	MOVWF	.....
; Mesure du rythme			
	.....	Count_15s	
	GOTO	RestoreStatus	
	BCF	STATUS, C	Préparer la multiplication
	.....	Count_RC, F	
	BCF	STATUS, C	Préparer la multiplication
	.....	Count_RC, F	
	MOVF	Count_RC, W	
	MOVWF	.....
	MOVLW	.....
	MOVWF	Count_15s	
;-----Restaurer les registres-----			
RestoreStatus			
	SWAPF	SAVE_STATUS, W	; swap ancien status, résultat dans W
	MOVWF	STATUS	; restaurer status
	SWAPF	SAVE_W, F	; Inversion L et H W sans modifier Z
	SWAPF	SAVE_W, W	; W restauré
	.....		; retour d'interruption



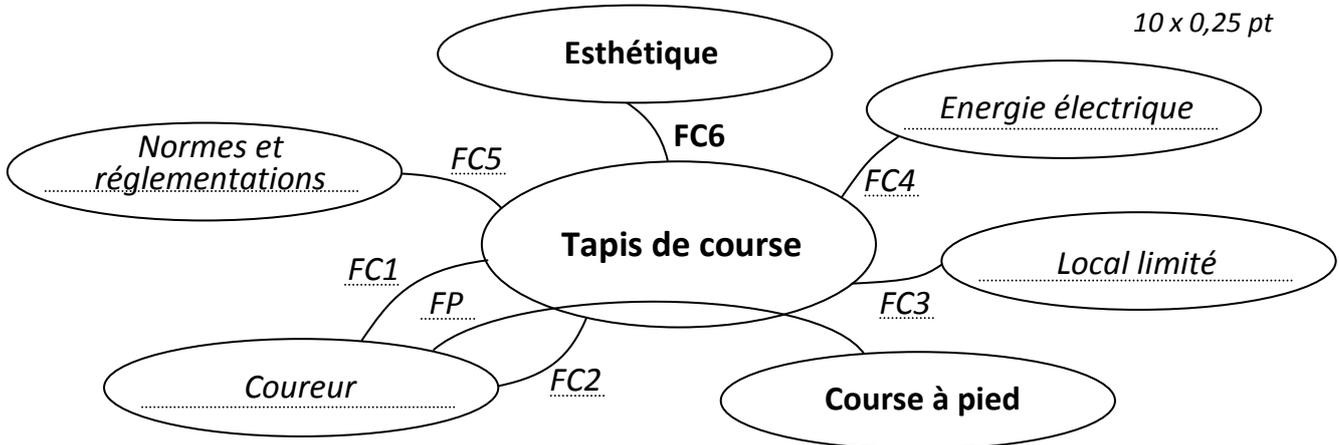
4	مدة الإنجاز	علوم المهندس	المادة
8	المعامل	شعبة العلوم والتكنولوجيات مسلك العلوم والتكنولوجيات الكهربائية	الشعبة أو المسلك

ELEMENTS DE REPONSE

Q1: Diagramme Bête à cornes relatif au tapis de course :



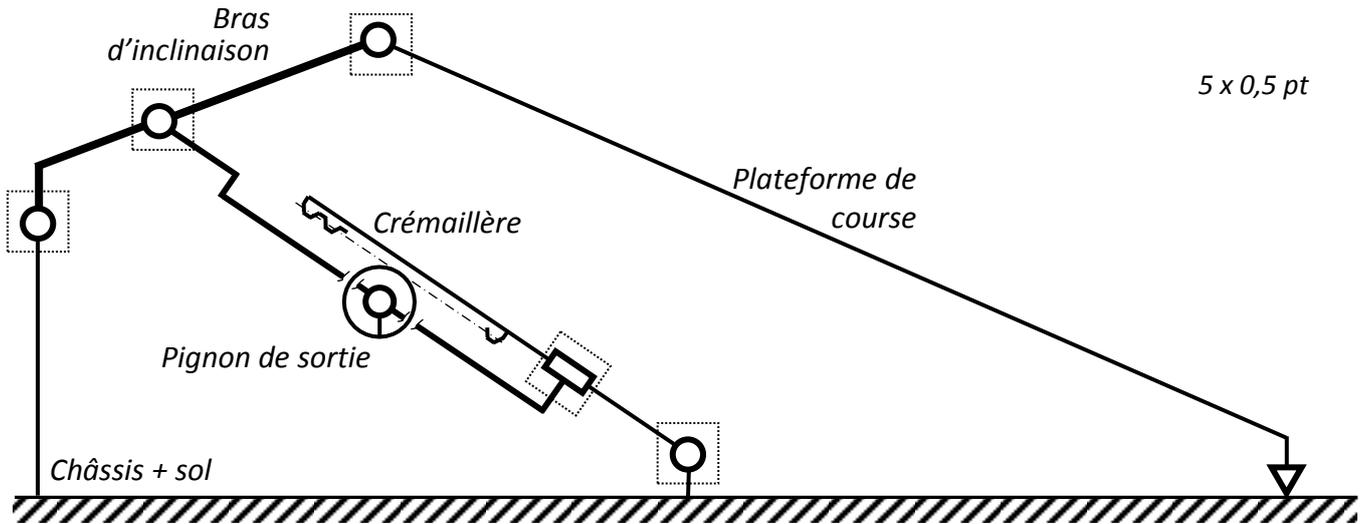
Q2: Diagramme d'interactions relatif au tapis de course :



Repère	Désignation
FP	Reproduire les conditions de course à pied
FC1	Assurer le confort du coureur
FC2	Etre programmable par le coureur selon ses capacités physiques
FC3	S'adapter à un local limité
FC4	Etre alimenté en énergie électrique
FC5	Respecter les normes et réglementation en vigueur (sécurité électrique et mécanique, ...)
FC6	Avoir un bon design



Q3: Schéma cinématique minimal relatif à la fonction « Incliner la plateforme de course » :



5 x 0,5 pt

Q4: Actigramme à compléter :



Q5: Vitesse linéaire V_C de la crémaillère :

$$V_C = \frac{L_C}{T_r} \quad 0,5 \text{ pt} ; \text{ A.N : } V_C = \frac{102 \times 10^{-3}}{30} = \mathbf{0,0034 \text{ m/s}} \quad 0,5 \text{ pt}$$

Q6: Vitesse angulaire ω_S du pignon de sortie :

$$V_C = \omega_S \frac{m \cdot Z_S}{2} \Rightarrow \omega_S = \frac{2V_C}{m \cdot Z_S} \quad 0,75 \text{ pt} ; \omega_S = \frac{2 \times 0,0034}{1,5 \times 10 \times 10^{-3}} = \mathbf{0,453 \text{ rad/s}} \quad 0,75 \text{ pt}$$

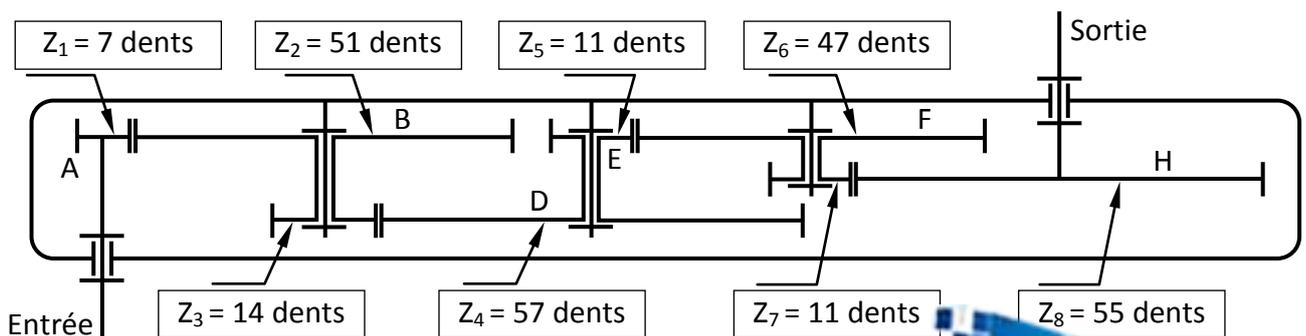
Q7: Vitesse de rotation N_S du pignon de sortie :

$$\omega_S = \frac{\pi \cdot N_S}{30} \Rightarrow N_S = \frac{30\omega_S}{\pi} \quad 0,5 \text{ pt} ; N_S = \frac{30 \times 0,453}{3,14} = \mathbf{4,328 \text{ tr/mn}} \quad 0,5 \text{ pt}$$

Q8: Rapport de réduction r du réducteur (R) :

$$r = \frac{Z_1 \cdot Z_3 \cdot Z_5 \cdot Z_7}{Z_2 \cdot Z_4 \cdot Z_6 \cdot Z_8} \quad 0,75 \text{ pt} ; r = \frac{7 \times 14 \times 11 \times 11}{51 \times 57 \times 47 \times 55} = \mathbf{1,578 \times 10^{-3}} \quad 0,5 \text{ pt}$$

Schéma simplifié du réducteur (R)



Q9: Vitesse de rotation N_m du moteur :

$$r = \frac{N_s}{N_m} \Rightarrow N_m = \frac{N_s}{r} \quad 0,75 \text{ pt} ; N_m = \frac{4,35}{1,578 \times 10^{-3}} = \mathbf{2756,65 \text{ tr/mn}} \quad 0,5 \text{ pt}$$

Q10: Puissance P_s à la sortie du pignon de sortie :

$$P_s = F_c \cdot V_c \quad 0,5 \text{ pt} ; P_s = 2100 \times 0,0034 = \mathbf{7,14 \text{ W}} \quad 0,5 \text{ pt}$$

Q11: Puissance mécanique P_{mu} utile au moteur d'inclinaison pour supporter la charge du coureur :

$$\eta_r = \frac{P_s}{P_{mu}} \Rightarrow P_{mu} = \frac{P_s}{\eta_r} \quad 0,75 \text{ pt} ; P_{mu} = \frac{7,14}{0,8} = \mathbf{8,925 \text{ W}} \quad 0,5 \text{ pt}$$

Q12: Vitesse angulaire ω_m du moteur d'inclinaison :

$$\omega_m = \frac{\pi \cdot N_m}{30} \quad 0,5 \text{ pt} ; \omega_m = \frac{3,14 \times 2750}{30} = \mathbf{287,833 \text{ rad/s}} \quad 0,5 \text{ pt}$$

Q13: Couple C_m développé par le moteur d'inclinaison :

$$P_{mu} = C_m \cdot \omega_m \Rightarrow C_m = \frac{P_{mu}}{\omega_m} \quad 0,5 \text{ pt} ; C_m = \frac{9}{287,833} = \mathbf{0,031 \text{ Nm}} \quad 0,5 \text{ pt}$$

Q14: Couple de freinage C_f du moteur d'inclinaison :

$$C_f = f \cdot n \cdot F_p \frac{R+r}{2} \quad 0,75 \text{ pt} ; C_f = 0,45 \times 1 \times 10 \times \frac{(24+12) \times 10^{-3}}{2} = \mathbf{0,081 \text{ Nm}} \quad 0,75 \text{ pt}$$

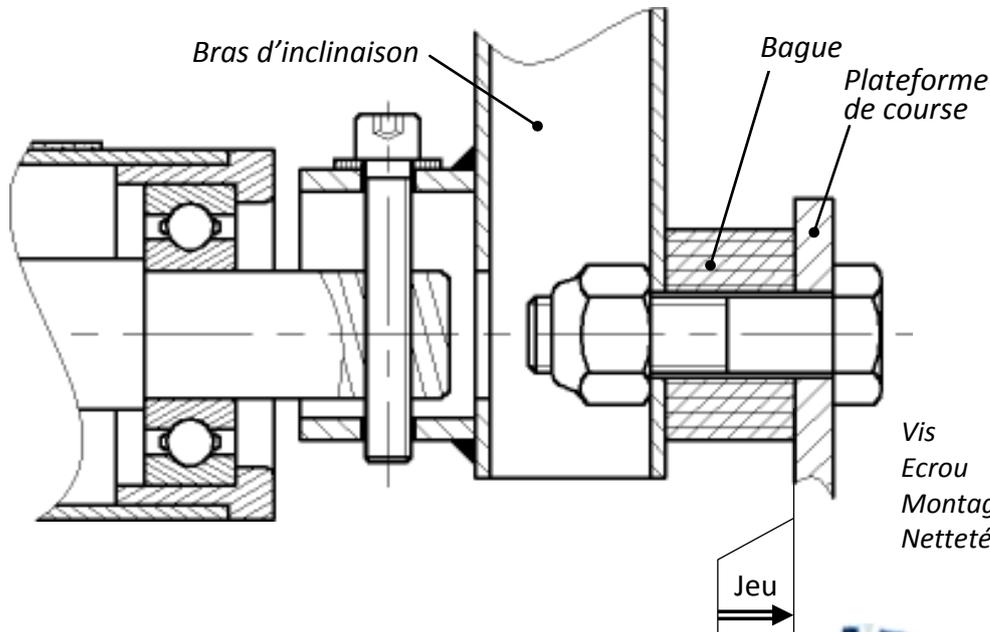
OU

$$C_f = \frac{2}{3} \cdot f \cdot n \cdot F_p \frac{R^3 - r^3}{R^2 - r^2} ; C_f = \frac{2}{3} \times 0,45 \times 1 \times 10 \times \frac{24^3 - 12^3}{24^2 - 12^2} \times 10^{-3} = \mathbf{0,084 \text{ Nm}}$$

Q15: Comparaison de C_f avec C_m et conclusion :

$C_f > C_m$ (0,25 pt) donc le freinage est **valide** (0,5 pt)

Q16: Dessin à compléter :



Q17: Type de schéma du régime du neutre employé TT, IT ou TN :

Le régime TT 1 pt

Q18: Signification de chaque lettre pour le type du régime employé : 2x1 pt

T : le neutre est relié à la terre.

T : la masse des récepteurs est reliée à la terre.

Q19: Valeurs de la tension de contact U_c et du courant I_H : 2x1,5 pts

$$R_{bH} = R_b \cdot R_H / (R_b + R_H) \text{ et } U_c = V_s R_{bH} / (R_{bH} + R_a) \quad \underline{\text{A.N.}}: R_{bH} \approx 19,73 \Omega \text{ et } U_c = 120,25 \text{ V.}$$

et $I_H = 80 \text{ mA}$.

Q20: Est-il nécessaire de mettre hors tension l'installation ? Justifier votre réponse en comparant les valeurs des tensions U_c et U_L .

Oui car $U_c > U_L$ 1,5 pt

Q21: Valeur du temps maximal t_c de coupure autorisé :

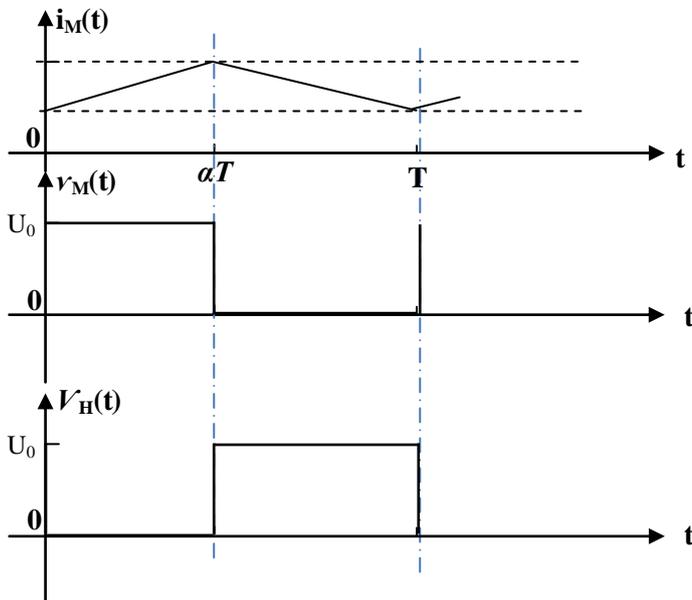
$t_c = 0,34$ seconde. 1,5 pt

Q22: Type de conversion : Continu \rightarrow Continu 1 pt

Q23: Rôle de la diode de roue libre D_{RL} :

Assure la continuité du courant $i_M(t)$ lorsque H est ouvert. 1 pt

Q24: Chronogrammes des tensions $v_M(t)$ et $v_H(t)$: 2x1 pt



Q25: Valeur moyenne V_M :

$$V_M = \alpha U_0 \quad 1,5 \text{ pt}$$

Q26: On montre que l'expression de $V_M = E' + R \cdot I_M$:

On a : $v_M = L \cdot di_M/dt + E' + RI_M$ et

$$V_M = E' + RI_M \text{ (car : } L \cdot di_M/dt = 0 \text{ puisque } I_M = \text{Cte) } \quad 2 \text{ pts}$$

Q27: Valeur du rapport cyclique α :

$$\text{On a : } V_M = \alpha U_0 = E' + R \cdot I_M \text{ donc } \alpha = (E' + R \cdot I_M) / U_0 \quad 1 \text{ pt} \quad \underline{\text{A.N.}}: \alpha \approx \dots$$



Q28: Vitesse de synchronisme N_s en tr/mn du moteur :

$$N_s = f \cdot 60 / p \quad 1 \text{ pt} \quad \underline{\text{A.N.}}: N_s = 3000 \text{ tr/mn} \quad 0,5 \text{ pt}$$

Q29: Valeur du glissement g en % :

$$g = (N_s - N) / N_s \quad 1 \text{ pt} \quad \underline{\text{A.N.}}: g = 8,3 \% \quad 0,5 \text{ pt}$$

Q30: Puissance utile P_u :

$$P_u = C_u \cdot \Omega \quad 1,5 \text{ pt} \quad \underline{\text{A.N.}}: P_u \approx 89,8 \text{ W.} \quad 0,5 \text{ pt}$$

Q31: Type (la référence) du moteur :

LS56P 2 pts

Q32: Calcul de la valeur :

a. de la puissance absorbée P_a par le moteur ;

$$P_a = P_u / \eta \quad 0,5 \text{ pt} \quad \underline{\text{A.N.}}: P_a = 180 \text{ W} \quad 0,5 \text{ pt}$$

b. du courant de démarrage I_D sous la tension $V_s = 230 \text{ V}$.

$$I_D / I_N = 3,4 \quad \text{donc} \quad I_D = 3,4 I_N \quad 0,5 \text{ pt} \quad \underline{\text{A.N.}}: I_D = 3,06 \text{ A.} \quad 0,5 \text{ pt}$$

Q33:

$$e_- = \frac{U_{S3}}{2} + \frac{U_{S2}}{2} \quad 0,75 \text{ pt}$$

$$e_+ = \frac{U_{S1}}{2} \quad 0,75 \text{ pt}$$

$$\Rightarrow U_{S3} = U_{S1} - U_{S2} \quad 0,5 \text{ pt}$$

Q34:

a.

$$I = \frac{U_{S1} - U_{S2}}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{U_{S1} - U_{S2}}{2R + R_2} \quad 1 \text{ pt}$$

b. Etant donné que ($e_- = e_+$) pour AOP₁ et AOP₂, alors

$$I = \frac{U_{E1} - U_{E2}}{R_2} \quad 1 \text{ pt}$$

c.

$$U_{S1} - U_{S2} = (U_{E1} - U_{E2}) \frac{2R + R_2}{R_2} = (U_{E1} - U_{E2}) \left(1 + \frac{2R}{R_2}\right) \Rightarrow U_{S1} - U_{S2} = (U_E) \left(1 + \frac{2R}{R_2}\right) \quad 1,5 \text{ pt}$$

Q35:

$$U_{S3} = U_{S1} - U_{S2} = (U_E) \left(1 + \frac{2R}{R_2}\right) = A_0 \cdot U_E \quad \text{avec} \quad A_0 = \left(1 + \frac{2R}{R_2}\right) \quad 1,5 \text{ pt}$$

Q36:

En posant $Z=(R_9//C_1)$

$$\underline{Z} = \left(\frac{R_9}{1 + jR_9C_1\omega} \right)$$

$$\underline{U_{S4}} = -\underline{U_{S3}} \frac{\underline{Z}}{R_8} = -\underline{U_{S3}} \frac{R_9}{R_8} \frac{1}{1 + jR_9C_1\omega} \text{ (Ampli. inverseur)}$$

$$\underline{U_{S4}} = -\underline{U_{S3}} \frac{R_9}{R_8} \frac{1}{1 + j \frac{f}{f_0}}$$

$$\underline{U_{S4}} = -\underline{U_{S3}} \left(A_1 \frac{1}{1 + j \frac{f}{f_0}} \right) \quad 2 \text{ pts}$$

- $A_1 = R_9 / R_8.$ 0,5 pt
- $f_0 = 1/2\pi R_9 C_1.$ 0,5 pt

Q37:

$$\underline{U_{S4}} = -\underline{U_{S3}} \left(A_1 \frac{1}{1 + j \frac{f}{f_0}} \right) = -\underline{U_E} \cdot A_0 \cdot A_1 \left(\frac{1}{1 + j \frac{f}{f_0}} \right) \quad 1 \text{ pt}$$

Q38:

$$\underline{A_V} = \frac{\underline{U_{S4}}}{\underline{U_E}} = -A_0 \cdot A_1 \left(\frac{1}{1 + j \frac{f}{f_0}} \right) \quad 1 \text{ pt}$$

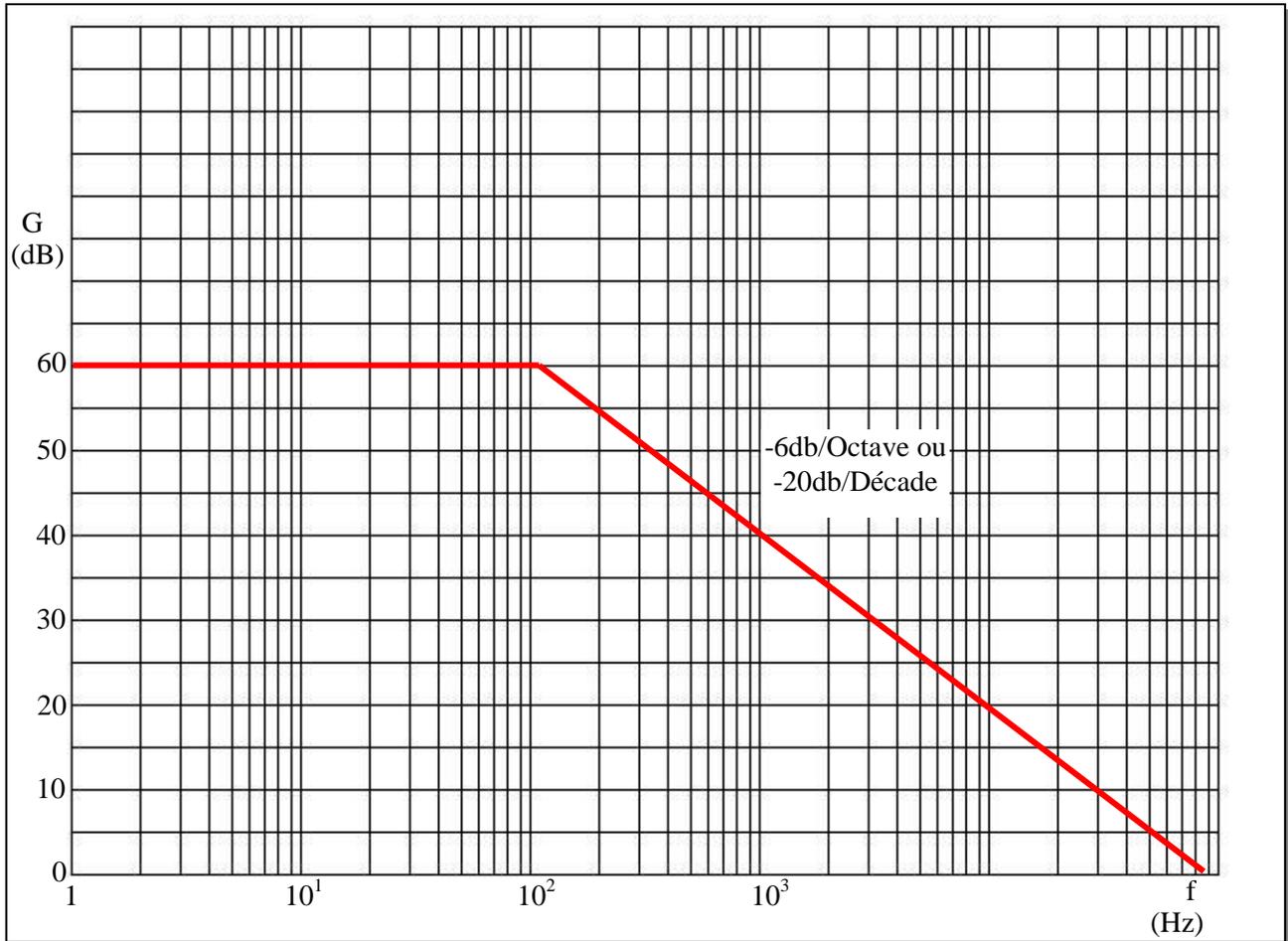
Q39:

- $A_0 = \left(1 + \frac{2R}{R_2} \right) \Rightarrow R_2 = 2R / (A_0 - 1) \quad 2 \times 0,5 \text{ pt}$
 $\Rightarrow R_2 = 2,22 \text{ k}\Omega$
- $A_1 = \left(\frac{R_9}{R_8} \right) \Rightarrow R_9 = (A_1 \cdot R_8) \quad 2 \times 0,5 \text{ pt}$
 $\Rightarrow R_9 = 1 \text{ M}\Omega$
- $f_0 = \left(\frac{1}{2\pi R_9 C_1} \right) \Rightarrow C_1 = \left(\frac{1}{2\pi R_9 f_0} \right) \quad 2 \times 0,5 \text{ pt}$
 $\Rightarrow C_1 = 1,59 \text{ nF}$



Q40:

2 pts



Q41:

L'entrée RA1 du μ C doit être configurée en mode analogique.

1 pt

Q42: 9x1 pt

Label	Code machine	Opérande	Commentaire
;-----Sous-Programme d'interruption TMR0, RBO/INT			
	ORG	0x004	; adresse d'interruption
;-----sauvegarder les registres-----			
	BCF	INTCON, GIE	
	MOVWF	SAVE_W	; sauver registre W
	SWAPF	STATUS, w	; swap status avec résultat dans w
	MOVWF	SAVE_STATUS	; sauver status swappé
;-----Traitement de l'interruption de RB0/INT (ILS)---			
	BTFSS	INTCON, INTF	; Test si interruption RB0/INT ?
	GOTO	Test_INT_Timer_0	
	BCF	INTCON, INTF	; Effacer flag d'interruption INTF
	INCF	Count_ILS, F	
;-----Traitement de l'interruption de TMR0 (Vitesse Moteur et rythme cardiaque)---			
Test_INT_Timer_0			
	BTFSS	INTCON, T0IF	; Test si interruption Timer 0 ?
	GOTO	RestoreStatus	
	BCF	INTCON, T0IF	; Effacer flag interruption TOIF
; Mesure de la vitesse du tapis			
	DECFSZ	Count_65536	; Test d'écoulement d'une seconde ?
	GOTO	RestoreStatus	
	MOVF	Count_ILS, W	
	CALL	Calcul_Vitesse_Tapis	
	MOVWF	Vitesse_Tapis	
; Mesure du rythme			
	DECFSZ	Count_15s	
	GOTO	RestoreStatus	
	BCF	STATUS, C	Préparer la multiplication
	RLF	Count_RC, F	
	BCF	STATUS, C	Préparer la multiplication
	RLF	Count_RC, F	
	MOVF	Count_RC, W	
	MOVWF	Rythme_Cardiaque_bpm	
	MOVLW	15	
	MOVWF	Count_15s	
;-----Restaurer les registres-----			
RestoreStatus			
	SWAPF	SAVE_STATUS, W	; swap ancien status, résultat dans W
	MOVWF	STATUS	; restaurer status
	SWAPF	SAVE_W, F	; Inversion L et H W sans modifier Z
	SWAPF	SAVE_W, W	; W restauré
	RETFIE		; retour d'interruption